

潮土中锌对油菜吸收镉的影响*

傅桂平

衣纯真 张福锁 李花粉

(农业部农药检定所,北京 100026)

(中国农业大学资源和环境学院,北京)

摘要: 通过油菜盆栽试验研究了锌、镉吸收的相互作用。结果表明,镉能加重锌对油菜的毒害症状,同时发现,当土壤加锌量小于 $25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,锌的投入促进了油菜对镉的吸收,锌对镉吸收具有协同作用;但当土壤加锌量超过 $25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,投入锌却抑制了油菜对镉的吸收,此时锌对镉的吸收则有拮抗作用。

关键词: 油菜; 锌; 镉

中图分类号: S511.1; S143.72

自从 60 年代末日本发现“骨痛病”因镉污染引起以来,人们便开始注意到镉污染的危害性,并对镉污染的研究和治理重视起来。我国的镉污染状况也很严重,共有 1.3 万公顷农田受镉污染,而且往往是多种重金属同时存在。重金属的复合污染已在国际上引起研究者的广泛兴趣^[1],镉、锌等几种重金属污染物同时存在,它们有别于各重金属对植物的单独作用,因此,研究它们的相互作用往往更为重要^[2,3]。

镉与锌具有许多相似的化学性质,同属锌分族。因此人们似乎地认识了镉、锌在土壤—植物体系中的行为有很多相似的地方,例如,镉、锌在土壤的迁移能力都较强,土壤吸附率较低,易扩散;同时在植物体中运输能力也较强,易在地上部乃至籽实中累积。但是人们对镉、锌相互作用机理的认识还很模糊,在这一点上理论界还没有获得令人满意的重大突破,多数只限于镉、锌相互作用的现象描述,没有涉及关于镉、锌相互作用机理的理论解释。

1 试验材料与设计

1.1 供试作物 油菜(Brassica rape)五月墩

1.2 供试土壤 土壤取自北京农业大学科学园地表土,过 1 cm 筛,混匀。土壤类型为潮土。土壤基本理化性状见表 1。

表 1 北京农大科学园区土壤的基本理化性状
Table 1 The basic soil properties of tested Aoiil

全氮 /g·kg ⁻¹ Total N	碱解氮 /mg·kg ⁻¹ AlKa. hydro. N	速效钾 /mg·kg ⁻¹ Readily avai. K	有机质 /g·kg ⁻¹ O. M	全镉 /mg·kg ⁻¹ Total Cd	全锌 /mg·kg ⁻¹ Total Zn	DTPA-Cd /mg·kg ⁻¹	pH	DTPA-Zn /mg·kg ⁻¹	CEC /cmol·kg ⁻¹
1.02	121	30.6	19.3	0.043	78.5	0.013	7.9	4.3	15.3

收稿日期: 1995-09-27

* 国家自然科学基金资助项目。

1.3 试验设计 Cd处理分为两个水平,即0.5和5 mg·kg⁻¹Cd。装盆时先将Cd(NO₃)溶于水中,量取等体积倒入土中,反复拌匀,施尿素0.5 g·kg⁻¹N,磷酸二铵0.4 g·kg⁻¹P₂O₅,硫酸钾0.1 g·kg⁻¹ K₂O。硫酸锌处理分9个水平,即0,5,10,25,50,100,200,500,1 000 mg·kg⁻¹Zn。Zn,Cd和N,P,K肥料与试验用土充分混匀后,装入20×20 cm塑料盆中,每盆装土4 kg,重复3次。将油菜种子直接播种,出苗后多次间苗,最后定株。培养一个月后,取样分析。

2 结果与讨论

2.1 油菜对锌的吸收 Zn是植物必需的微量元素,但土壤Zn浓度过高时,将对植物产生毒害作用。本试验发现,土壤加Cd 0.5 mg·kg⁻¹时,500 mg·kg⁻¹Zn对油菜已产生毒害,生长受到抑制,生物量减少,心叶变黄,叶片变小;Zn高于500 mg·kg⁻¹时,毒害症状加重,生长受阻。当土壤加Cd 5 mg·kg⁻¹时,200 mg·kg⁻¹Zn即对油菜产生毒害作用,生长受到抑制,毒害症状明显,说明Cd能加重Zn的毒害作用(表2)。

表2 土壤中不同浓度Zn对油菜吸收Cd的影响

Table 2 The effect of Zn at varied levels on the uptake of Cd by rape grown on soil

低镉 Lower Cd	锌处理/mg·kg ⁻¹ Zn treatment								
	0	5	10	25	50	100	200	500	1 000
地上部 Cd /mg·kg ⁻¹ Shoot	1.81±0.22c	3.18±0.48a	2.35±0.12b	1.63±0.13c	1.66±0.12cd	1.53±0.091cd	1.23±0.12d	1.08±0.11de	0.76±0.071e
Zn	37.11±8.40g	50.62±9.61g	65.53±14.12f	73.43±15.00f	123.1±33.0e	163.2±34.31d	343.34±15.23c	869.3±87.2b	1565±235a
根部 Cd /mg·kg ⁻¹ Root	1.40±0.15c	1.98±0.24a	1.65±0.082b	1.59±0.14bc	1.31±0.10cd	1.18±0.10d	1.11±0.082d	1.06±0.081d	0.84±0.051e
Zn	47.60±15.11g	47.6±11.01g	62.8±16.32f	74.83±19.24f	99.73±18.21e	174.1±33.32d	298.24±72.13c	579.1±133.4b	1155±242a
Zn 生物量 /g·pot ⁻¹ Biomass	1.69	2.28	2.22	2.97	2.10	2.19	2.02	1.07	0.27
高镉 Higher Cd	锌处理/mg·kg ⁻¹ Zn treatment								
	0	5	10	25	50	100	200	500	1000
地上部 Cd /mg·kg ⁻¹ Shoot	19.5±2.9c	28.8±5.8a	24.3±2.4b	20.9±2.3c	17.0±1.8d	13.2±1.2e	11.9±1.1e	9.0±0.7f	4.6±0.4g
Zn	50.9±8.9f	63.9±15.1f	75.2±20.1e	85.4±22.2e	95.3±20.1e	190.3±36.4d	270.2±65.3c	816.0±171.3b	1070.3±268.0
根部 Cd /mg·kg ⁻¹ Root	24.4±3.2c	28.5±4.8g	25.4±4.6b	21.4±2.3c	15.3±1.9d	14.5±2.1d	1.17±1.7e	9.6±0.8e	3.6±0.3f
Zn	43.3±9.1f	54.7±11.2f	64.4±14.1f	76.0±11.3e	93.0±17.2e	182.4±31.0d	262±55.1c	620±112.0b	1816.4±508.1
生物量 /g·pot ⁻¹ Biomass	2.93	2.44	2.53	2.47	1.91	2.28	1.63	0.75	0.28

注:表中英文字母表示5%显著性标准

从图1可看出,随土壤中投入Zn的增加,油菜体内Zn含量也增加。土壤投入Zn的数量与油菜体内Zn含量的相关分析表明,相关系数均达极显著标准($n=9, R_{0.01}=0.998$)(表3),而且根中的相关系数都大于相应地上部的相关系数。

2.2 不同浓度Zn对油菜吸收Cd的影响 从图2,图3中可看出,当土壤加Zn<25 mg·kg⁻¹时,Zn的投入促进了油菜对Cd的吸收,说明Zn对Cd吸收有协同作用;但当土壤

表 3 土壤 Zn 的添加量与油菜体内 Zn 含量的相关分析

Table 4 Relationship between the amount of Zn applied to soil and concentration of Zn in rape

低 Cd 土壤上的油菜 Rape grown on lower-Cd soil	地上部 Zn 含量 Zn content in shoot	0.998 9**
	根中 Zn 含量 Zn content in root	0.999 3**
高 Cd 土壤上的油菜 Rape grown on higher-Cd soil	地上部 Zn 含量 Zn content in shoot	0.977 4**
	根中 Zn 含量 Zn content in root	0.984 9**

加 Zn 超过 $25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,投入 Zn 却抑制了油菜对 Cd 的吸收,说明这时 Zn 对 Cd 吸收有拮抗作用。游植粼在土培试验中发现,水稻吸 Cd 的数量随施 Zn 量的增加而增加,不同浓度 Zn 对 Cd 吸收的促进效率有所不同,高浓度 Zn 有降低 Cd 吸收率的趋势^[4],但总的来说,Cd 污染土壤上由于施 Zn 肥仍可使植物吸 Cd 量增加。

相同电性的离子在土壤中可发生交换作用,所加入的 Zn^{2+} 因与土壤胶体上吸附的 Cd^{2+} 发生交换作用而导致 Cd^{2+} 的解吸或降低其吸附强度,从而提高 Cd 的有效性;但另一方面, Zn^{2+} 又与性质相近的 Cd^{2+} 竞争根系吸收点位而降低根系对 Cd^{2+} 的吸收^[2]。这正反两个方面的相对强弱就决定了所加入的 Zn^{2+} 对植物吸 Cd 的影响,但在溶液培养或砂培中,由于只存在竞争根系吸收点位的情况,而要比土壤系统简单。因此,其试验结果就不能简单地推广到土壤系统中。

Zn 对油菜吸 Cd 的影响,在投入低量 Zn 时,Zn 对 Cd 吸收有协同作用,投放高量 Zn 时又表现为拮抗作用,这可能是由于土壤加 Zn 较少时,土壤物理化学吸附(交换吸附)和部分弱化学吸附态的 Cd,随 Zn 投入量的增加而陆续解吸下来,从而增加 Cd 对植物的有效性,使植物吸 Cd 增加。但当 Zn 投入量越过某个临界量时,Zn 投入量再增加,被解吸的 Cd 数量却增加很少或基本不增加;但此时,随土壤中 Zn 投入量的增加,由于 Zn 与 Cd 具有相似的化学性质,它们在根系表面吸收点位存在竞争作用,植物吸收的 Cd 反而减少。所以土壤投入低浓度 Zn

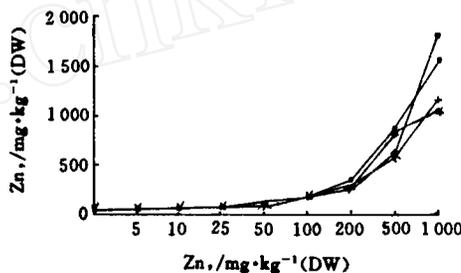


图 1 土壤添加锌对油菜体内锌含量的影响

Fig. 1 Effect of different Zn levels on the Zn content of rape

- 低镉下叶锌 Leaf Zn at lower-cd level
- |— 低镉下根锌 Root Zn at lower-Cd level
- *— 高镉下叶锌 Leaf Zn at higher-Cd level
- 高镉下根锌 Root Zn at higher-Cd level

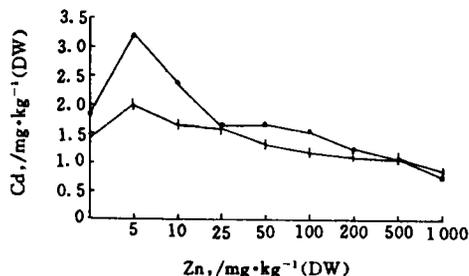


图 2 低镉土壤上不同浓度锌对油菜镉含量的影响

Fig. 2 Effect of Zn on the uptake of Cd by rape grown on the lower-Cd soil

- 叶 Cd Leaf Cd
- |— 根 Cd Root Cd

和高浓度 Zn 对植物吸 Cd 的影响机理是不同的。

3 结论

油菜体内 Zn 含量随土壤投入 Zn 的增加而增加。当土壤投入的 Zn 低于 $25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,油菜吸 Cd 数量增加,Zn 对 Cd 的吸收表现为协同作用;当土壤投入的 Zn 高于 $25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,油菜吸 Cd 减少,Zn 对 Cd 吸收表现为拮抗作用。因此,在存在 Cd 污染的农田施用 Zn 肥,应警惕加剧重金属的污染与危害。

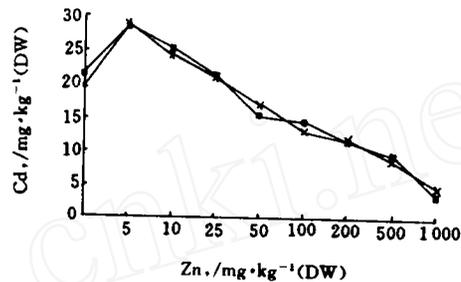


图3 高镉土壤上不同浓度锌对油菜镉含量的影响

Fig. 3 Effect of Zn the uptake of Cd by rape grown on the higher-Cd soil

—*— 叶 Cd Leaf Cd —◆— 根 Cd Root Cd

参 考 文 献

- 1 Narwal R P, Mahendra Singh J P, Dahiya D J. Cadmium-Zinc interaction in maize grown on sewer water irrigated soil. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 1993, 7(2): 125~131
- 2 任继凯,陈清朗. 土壤中镉、铅、锌及其相互作用对作物的影响. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1982, (4): 320~329
- 3 熊礼明. 施肥与植物的重金属吸收. *农业环境保护*, 1993, 12(5): 217~222
- 4 游植艸. 受镉污染土壤增施磷锌对水稻吸镉的影响. *农业环境保护*, 1993, 12(3): 143~144

Effects of Zinc Supply on Uptake of Cadmium by Rape

Fu Guiping

(Institute for the Control of Agrochemicals, the Ministry of Agriculture, Beijing 100026)

Yi chunzhen Zhang Fusuo Li Huafen

(College of Agriculture Resources and Environment Science, CAU)

Abstract: Pot experiments were conducted to study the effects of Zinc at different levels on the uptake of Cd by rape grown on a meadow cinnamon soil. The results indicated that In the case of that Zinc was applied at levels lower than $25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Cd content in rape increased. The seract showed that there was a synergism between Cd and Zn. In the treatments where Zinc was applied at levels higher than $25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Cd uptake by rape reduced, it was showed that there was an untogonism between Cd nad Zn at this metal concentration ratio.

Key words: chinese cabbage; Zn; Cd